Ⅲ－7　　　揚水試験解析法の一考察

正会員　京都大学工学部　　赤井浩一

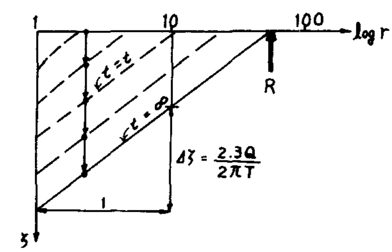
1．序　　揚水試験の解析は，位置（r）と時間（t）の関数としての水圧低下（ζ）の記録から，滞水層定数 T＝kH（不圧）または T＝kb（被圧），および S＝β（不圧）または S＝κb（被圧）を見い出すことである。しかるによく知られているように，解の形として2変数（r，t）は常に t/r^2 またはその逆数の形で一団となつて現れ，個々に分離することがない。この事実によつて，揚水試験の非定常解析である Theis の方法や，その近似解としての Jacob の方法では，横軸としてこの組合せ変数をとつている。ここでは，揚水試験の解析において得られる知見をもとに，透水問題を二，三検討してみよう。

2．滞水層定数の決定法

揚水試験の解析によつて得られる滞水層定数は，上述のように伝達係数Tと貯留係数Sの二つであるが，前者を初期水頭H（不圧）または滞水層厚b（被圧）で除すことにより透水係数kが算定され，また後者から直ちに滞水層の有効間げき率β（不圧）が，あるいはSをbで除して圧縮率κ（被圧）が求められる。このほか不圧と被圧とを問わず，井戸理論においては影響圏Rがしばしばある意味をもつ。ここで揚水試験の解析で，滞水層定数を算出する方法のおもなものを整理してみることにする。

(1) Theis の方法（T，S），(2) Jacob の方法（T，S），
(3) Thiem の方法（T），(4) ζ－log r 関係（T）。

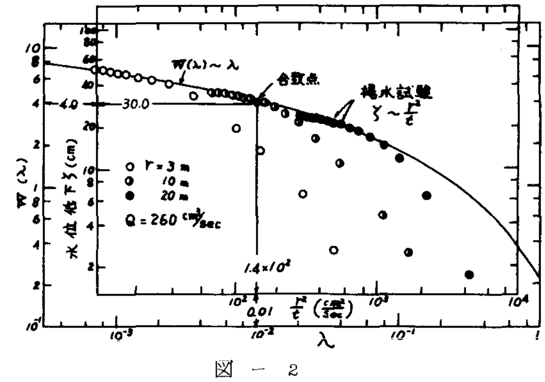
(2)と(3)とが同義であることは，水圧の準定常状態という概念に関連して以前に述べた[1)]。また(4)による影響圏半径Rが決して一定のものではなく，時間tをパラメーターとして ζ－log r に直線関係があり，各時刻ごとにζ＝0なるrが影響圏半径となつて，これが時間の平方根に比例して増大することも容易にわかる（図－1）。



図－1

ここで，京都市右京区山ノ内浄水場建設敷地で実施した揚水試験（昭和38年2月）を例にとることにする。この地点の地下水は，地表面下約15 *m* の範囲に存在する砂れき層に保留される不圧地下水であるが，深さ10 *m* の揚水井により試験を行つたので，貫通度は66.7％である。一般に不圧地下水の揚水試験では，被圧地下水の場合と異なつて，水圧面の低下をできるだけ少なくしながら，しかも測定精度を高くせねばならないという制約があるので，揚水量をできるだけおさえるようにしたが，Q=260 cm³/sec の場合の Theis の図解法（図－2），Jacob の水位低下法（図－3），および同じく水位回復法（図－4）をそれぞれ図示した。これらの各解法によつて得られた滞水層定数の値を次表に示す。

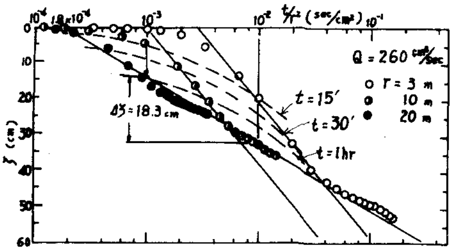
	T=kH(cm²/sec)	S=β（×10^{-4}）
Theis	2.76	8.0
Jacob（低下法）	2.60	10.5
Jacob（回復法）	2.51	9.0



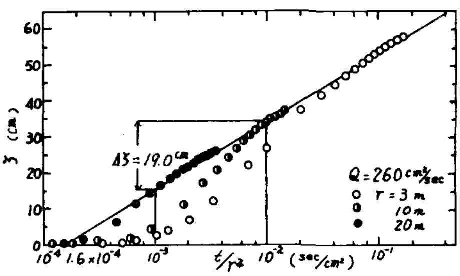
図－2

図－2の Theis の図解法において，実線は Wenselの井戸関数表を用いて描いた指数積分関数 $W(\lambda)=-Ei(-\lambda)$ ($\lambda=Sr^2/4Tt$) の理論曲線である。この図において明らかにみられるように，揚水開始後45分ないし75分までの水位変動の実測値は標準曲線より下側にあり，これは揚水直後の水位低下が理論値よりも少ないことを意味する。

Jacob の水位低下法で3本の観測井（$r=3m$, $10m$, $20m$）の記録をまとめたものが図－3であるが，これより解析にあたつて次のことがわかる。



図－3



図－4

(1) Jacob の直線式（半対数紙上）が成立するのは，揚水開始後遠方の観測井（$r=20m$）で $t\fallingdotseq15$分，近くの観測井（$r=3m$）で $t\fallingdotseq60$分 以上経過後である。

(2)比較的近くの観測井（$r=3m$, $10m$）において，これより短い時間の観測値を採用すると，透水係数は上表のものの約半分に見積り，逆に貯留係数はかなり大きく算定される。

(3)一方，時間を固定して各観測井の水位低下を結ぶと図の破線となり，このような対応から算出される透水係数は上表のものの約2倍となる。

(4) (2)，(3)の方法では，貯留係数は一定でなく，距離または時間の関数のようになる。

3. 非定常浸透と圧密過程との対照

いわゆる横井への浸透と圧密過程とを対比する。

	非定常浸透		圧密	
基礎方程式	$\frac{\partial h}{\partial t}=\frac{kH}{\beta}\frac{\partial^2 h}{\partial x^2}$ ($h\ll H$)		$\frac{\partial u}{\partial t}=\frac{k}{m_v\gamma_w}\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$	
方程式の係数	$kH/\beta=T/S$		$k/m_v\gamma_w=c_v$	
S or m_v	$S=d\theta=\frac{d\theta}{dh}dh$		$m_v=\frac{dn}{dp}=\frac{1}{V_0}\frac{dV}{dp}$	
その恒常性	非定常時 S：大 →	擬似定常時 S：小	圧密初期 m_v：大 →	圧密終期 m_v：小
kの恒常性	k：小 →	k：大	k：大 →	k：小
係数の恒常性	T／S：小	T／S：大	$c_v\fallingdotseq$一定	

これより両者の間にはきわめて親密な相似性があることがわかるが，それにもかかわらず基礎方程式の係数の恒常性に関しては，圧密過程に比べて浸透過程では否定的であり，このことが揚水試験結果の解析の困難さの主因となつているといえよう。

1)赤井浩一：透水における理論と実際，土と基礎，21−11，1973，pp.23−28。